

## *Redução e reutilização de água na siderurgia*

Na indústria siderúrgica, a gestão da água visa melhorar a sustentabilidade do ciclo de produção, resultando em benefícios de eficiência de recursos e na redução da demanda e custos de água. O presente artigo é uma revisão bibliográfica sobre a redução e reuso da água no setor siderúrgico.

**Palavras-chave:** Indústria siderúrgica; Gestão de água; Reuso de água.

## *Reduction and reuse of water in the steel industry*

In the steel industry, water management aims to improve sustainability of the production cycle, resulting in resource efficiency benefits and reduced demand and water costs. This article is a literature review on the reduction and reuse of water in the steel industry.


**Keywords:** Steel industry; Water management; Water reuse.

Topic: Engenharia Metalúrgica

Received: 12/01/2019

Approved: 19/03/2019

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Edigar Pereira da Silva Netto 

Universidade Paulista, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5389976961049503>

<https://orcid.org/0009-0009-3647-4949>

[edigarnetto@gmail.com](mailto:edigarnetto@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2674-6425.2023.001.0001

### Referencing this:

SILVA NETTO, E. P.. Redução e reutilização de água na siderurgia.

Technology Science, v.5, n.1, p.1-7, 2023. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6425.2023.001.0001>

## INTRODUÇÃO

O aço está em toda parte, desde grandes edifícios ou plataformas de petróleo até pequenos utensílios de cozinha. É o material que liderou o desenvolvimento da humanidade desde a revolução industrial, sendo protagonista na produção de máquinas, de automóveis, na construção civil e industrial. Ainda hoje, no início do século XXI é um material utilizado pelas indústrias de alta tecnologia e inovação. E essa forte demanda está na base da necessidade de ações de reciclagem dos insumos como água e escória, pois o impacto ambiental seria muito grande (COLLA et al. 2023).

Há mais de 100 anos o negócio de aço atendeu às necessidades do modelo econômico, suprindo outras indústrias como a de construção, de transporte e fabricação de outros bens. O processo de fabricação do aço requer muita água para esfriar as bobinas. As siderúrgicas buscam constantemente estratégias que possam ajudar a sustentar o aço por mais tempo, melhorando de forma eficiente o consumo de água e energia (BRANCA et al. 2020).

A produção de aço requer grandes quantidades de água, que podem ser, dependendo do local, retiradas das redes ou in natura ou captadas nos canteiros de águas pluviais, por exemplo, e que posteriormente são tratadas e reutilizadas ou rejeitadas. Assim, as indústrias siderúrgicas buscam reduzir e reutilizar a água na fabricação do aço e desenvolver estratégias para otimizar os recursos hídricos (ZACCARA et al. 2022).

## DISCUSSÃO TEÓRICA

Nos últimos cinquenta anos, a indústria siderúrgica passou por algumas mudanças significativas, incluindo flutuações no crescimento, uma mudança para a reciclagem de sucata, distribuição geográfica mais ampla das instalações de produção e maior adoção de estratégias de gerenciamento de água. De muitas maneiras, essas mudanças estão inter-relacionadas, pois as instalações tiveram que procurar maneiras de atender de forma sustentável à crescente demanda mundial por aço (BRANCA et al. 2020).

Enquanto grandes quantidades de água são utilizadas na produção de aço, relativamente pouca água é consumida. De fato, para muitas instalações, menos de 10% da água retirada da instalação é consumida pelos processos de produção, com perdas principalmente atribuíveis à evaporação durante o resfriamento. Por isso, o reuso de água é importante para as siderúrgicas, pois permite que elas recuperem potencialmente mais de 90% da água captada. As estratégias de gerenciamento de água ajudam as usinas siderúrgicas a recuperar, reutilizar e/ou reciclar a água, o que, por sua vez, pode gerar economias de custos significativas, minimizando a demanda da instalação por água de origem e reduzindo os volumes de descarga (COLLA et al. 2023).

### O uso de água em usinas siderúrgicas

A redução do uso desse recurso natural começa com o entendimento dos principais usos dele nas siderúrgicas. As instalações usam a água de formas distintas, apoiando direta e indiretamente a produção,

algumas das quais se prestam mais ou menos prontamente aos esforços de redução do uso de líquido. Os principais tipos de uso de água nas siderúrgicas elencando as oportunidades de redução e reutilização são: água de refrigeração; processada; de alimentação da caldeira; entre outros usos (BRANCA et al. 2020).

### **Água de refrigeração**

A água de resfriamento refere-se a correntes usadas para dissipar o excesso de calor de produtos de aço e máquinas associadas. As aplicações de resfriamento representam a maior parte do recurso usada em uma usina siderúrgica e incluem resfriamento de contato em processos de laminação a quente e a frio, resfriamento e contenção de gás residual, resfriamento de fornos e fornalhas e outras aplicações.

A quantidade de água extraída e descarregada por uma instalação varia significativamente, dependendo do tipo de sistema de resfriamento usado. Os sistemas de resfriamento contínuo têm a maior demanda de água; assim, as instalações que buscam reduzir os volumes de extração e descarga podem ser atendidas com a mudança para sistemas de resfriamento de recirculação que retêm parte ou quase toda a água para ciclos de resfriamento repetidos (TONG et al. 2019).

### **Água processada**

A água de processo inclui os fluxos que entram em contato com as matérias-primas ou produtos da produção de aço, ou que se tornam parte do produto. Existem muitas aplicações de água de processo, incluindo separação física de constituintes de minério, endurecimento por têmpera, descalcificação, galvanização e revestimento. A água de processo também é um componente de solventes, ácidos e emulsões usadas para limpar, desengordurar e enxaguar superfícies de aço (GHISMAN et al. 2021).

As abordagens de reutilização e reciclagem do recurso dependem de quais fluxos de água de processo estão em questão. Em geral, é possível que as instalações colem fluxos de fluido de processo usados e empreguem tecnologias de separação apropriadas para remover contaminantes e trazer a água para uma faixa de qualidade aceitável, seja para reutilização em aplicações de processo subsequentes ou reciclada para outros usos dentro da instalação. Os benefícios do pré e pós-tratamento da água de processo podem incluir a redução dos volumes gerais de extração e descarga de água, bem como a redução dos custos de desperdício por meio da recuperação de matérias-primas e produtos químicos (GHISMAN et al. 2021).

### **Água de alimentação da caldeira**

A água de alimentação da caldeira é usada para gerar vapor de processo usado para alimentar muitos processos envolvidos na produção de aço. As caldeiras são usadas para produzir energia para aquecimento e resfriamento de processo, bem como para alimentar sistemas de acionamento mecânico e sistemas de controle de pressão.

Os sistemas de caldeira geralmente têm altos padrões de qualidade da água para garantir um funcionamento seguro sob suas condições operacionais tipicamente de alta temperatura e pressão. Com o

pré-tratamento adequado, no entanto, várias fontes podem ser recicladas para uso como água de reposição da caldeira (GHISMAN et al. 2021).

### **Outros usos de água**

As usinas siderúrgicas também usam água para uma variedade de aplicações diversas para apoiar as operações da usina, incluindo água para fins de limpeza geral, potável, sistemas sanitários e outras necessidades. Muitas dessas aplicações têm requisitos de qualidade da água menos rigorosos do que os exigidos pelos equipamentos de resfriamento e processo empregados na produção de aço. Como tal, e em resposta a limitações de extração mais restritivas em fontes de água doce, algumas plantas estão implementando estratégias para obter e/ou reciclar água cinza para determinadas aplicações (COLLA et al. 2023).

### **As instalações que podem tratar a água para reutilização**

Os sistemas de tratamento de água industrial abrangem uma ampla gama de tecnologias para apoiar várias estratégias de reutilização de água. Para usinas siderúrgicas, isso inclui tradicionalmente trens de tratamento que consistem em tecnologias de separação física e química, coagulação, floculação e tratamento de lodo ativado. Nos últimos anos, no entanto, as usinas siderúrgicas incorporaram cada vez mais tecnologias de membrana, como ultrafiltração e osmose reversa, como um meio econômico de produzir água de alta qualidade para reuso dentro da instalação. Para usinas siderúrgicas que enfrentam requisitos de descarga rigorosos, os sistemas de descarga de líquido zero fornecem um meio de eliminar completamente os fluxos de resíduos líquidos (COLLA et al. 2023).

Conforme foi descrito anteriormente, existem muitos processos e sistemas de componentes envolvidos na produção de aço, cada um dos quais pode ter diferentes padrões de qualidade da água. Os sistemas de componentes também podem produzir fluxos de efluentes que são amplamente divergentes em termos de temperatura, constituintes e outras características. Dependendo das necessidades e prioridades individuais de uma determinada instalação, uma planta pode optar por implementar tecnologias de pré e pós-tratamento específicas para cada processo componente, de modo que maior precisão possa ser empregada no tratamento de fluxos de efluentes específicos para reutilização e/ou reciclagem. Alternativamente, uma instalação pode optar por tratar águas residuais que consistem em resfriamento combinado, processo ou outros fluxos. Ainda que, seguir esse caminho possa parecer mais simples, fluxos complexos de águas residuais são geralmente mais desafiadores e menos eficientes de tratar, dificultando o alcance de um nível de qualidade adequado para recuperação e reutilização (BRANCA et al. 2020)

Embora, esteja claro que as estratégias de redução e reuso de água ofereçam muitos benefícios, ainda é importante que as siderúrgicas equilibrem alguns fatores ao decidir sobre uma abordagem específica para a gestão da água. Estes podem incluir segundo Tong et al. (2019):

Qualidade e disponibilidade da fonte de água- As instalações precisam considerar se os volumes adequados de água estão disponíveis para a planta e que tipos de tratamento podem ser necessários para tornar a água adequada para uso dentro da instalação. Tratar

fluxos de efluentes para reutilização dentro da instalação geralmente é mais econômico do que obter e tratar grandes quantidades de água bruta, no entanto, fatores como localização geográfica da planta, flutuações sazonais e qualidade da água de origem afetam os resultados.

Eficiência energética - ao desenvolver um plano de gerenciamento de água, as usinas siderúrgicas precisam considerar quanta energia seria necessária para tratar a água para reutilização, reciclagem e/ou descarte. Operar um trem de tratamento de água acarretará seu próprio consumo de energia, custos e impactos ambientais que, em alguns casos, superarão os benefícios do uso reduzido de água. Equilibrar os impactos gerais é fundamental para maximizar a eficácia de um programa de gestão de recursos hídricos.

Requisitos legais, regulamentares e de segurança - As usinas siderúrgicas devem considerar os regulamentos e as limitações locais sobre volumes de retirada e descarga, bem como os padrões de qualidade da água efluente. Um plano eficaz de gerenciamento deve ajudar a instalação a atingir e manter a conformidade com os regulamentos e requisitos locais, ao mesmo tempo em que permite que a instalação opere em sua capacidade de produção alvo.

Em suma, a produção de aço apresenta uma oportunidade significativa de redução de custos relacionados à redução e reutilização de água, por meio de estratégias de gestão de água que equilibrem suas necessidades específicas (COLLA et al. 2023)

Múltiplas tecnologias apoiam a reutilização da água. Por exemplo, algumas tecnologias dentro das usinas siderúrgicas incluem tratamentos para separar fisicamente e quimicamente elementos como coagulação, floculação e lodo ativado (GHISMAN et al. 2021).

Recentemente, as siderúrgicas começaram a usar tecnologia de membrana como ultrafiltração e osmose reversa. Isso porque elas são mais econômicas e produzem água de alto padrão e qualidade que pode ser reaproveitada nas usinas (COLLA et al. 2023).

Conforme mencionado neste artigo, vários processos e sistemas estão trabalhando na produção de aço, e cada método tem seu padrão de qualidade. Depende das necessidades dos indivíduos e das prioridades definidas na instalação; (BRANCA et al. 2020).

As instalações também podem optar por utilizar águas residuais que consistem em resfriamento, processo e outros fluxos diversos. Embora fluxos complexos de águas residuais possam ser desafiadores e menos eficientes, não é fácil atingir a qualidade necessária para o reuso da água. No entanto, é essencial equilibrar esses fatores ao selecionar uma abordagem de gerenciamento de água (TONG et al. 2019)

As usinas siderúrgicas precisam considerar se volumes suficientes de água são acessíveis à usina e que tipo de tratamento de água de origem pode ser essencial para tornar a água apropriada para uso dentro da usina. As máquinas de corte a jato de água também devem ser consideradas nessa situação.

Tratar fluxos de efluentes para reutilização dentro da planta é, na maioria das vezes, mais econômico do que obter e ou criar grandes quantidades de água bruta, mas fatores como a área geográfica da planta, vacilações ocasionais e qualidade da água da fonte influenciam a realidade (BRANCA et al. 2020).

## CONCLUSÃO

Após a revisão da bibliografia, como conclusão pode-se descrever que a produção de aço representa as chances significativas de reduzir o custo da água e reutilizá-la ainda mais. No entanto, requer uma estratégia adequada de gestão da água para equilibrar as necessidades dos consumidores. A humanidade

depende de água para quase todas as atividades, incluindo-se atividades urbanas, industriais com demanda cada vez mais acentuada.

Em unidades industriais de siderurgia, a água é utilizada de várias formas como, por exemplo, de resfriamento, para processos industriais ou em aplicações ambientais. A água de resfriamento é utilizada para baixar a temperatura das instalações, que são expostas a altas temperaturas durante as fases de produção: motores de plantas de sinterização, capotas de altos-fornos, conversores, bancadas de laminação de trens quentes etc.

A utilização de água também pode estar ligada aos próprios processos industriais e servir, por exemplo, para resfriar o coque na saída da coqueria, para granular a escória de alto-forno antes da recuperação ou para eliminar a fina camada de óxido nas lajes no laminador a quente (descalcificação). Também pode ser usado na forma de vapor. A água é usada, igualmente, em usinas siderúrgicas para aplicações ambientais, em particular para combater a poeira transportada pelo ar, pulverizando pistas, estradas e estoques de matérias-primas, mas também para lavar altos-fornos e siderúrgicas.

Não obstante haver alguns obstáculos na obtenção de maiores informações das próprias usinas siderúrgicas brasileiras, pode-se observar que o reuso está diretamente relacionado ao êxito do um crescimento econômico no espectro ecologicamente viável. Mesmo que com isso exista um custo mais oneroso, com tratamentos ainda mais sofisticados, é possível a adoção de tal medida, pois os resultados em termos de capital social, econômico e ambiental são bem apreciados pelas empresas.

Há indicativos sobre a relevância do reuso de água na siderurgia está mais que comprovado nos resultados obtidos até o presente. Assim se caminha para um maior equilíbrio entre natureza e desenvolvimento econômico.

Aquela perspectiva atrelada ao passado, sobre crescer a qualquer custo deve ser abdicada para que os conceitos de um melhor equilíbrio de crescimento, produção industrial e qualidade ambiental sejam compreendidos como metas que se reforcem.

## REFERÊNCIAS

BRANCA, T. A.; MATINO1, I.; COLLA, V.; PETRUCCIANI, A.; SINGH, A. K. M.; ZACCARA, A.; BEONE, T.; CECCO, L.; HAKALA, V.; LORITO, D.; MOREIRA, S.; PIRA, E.. Paving the way for the optimization of water consumption in the steelmaking processes: barriers, analysis and KPIs definition. **Matériaux & Techniques**, v.108, n.5-6, p.510, 2020.

CAVALCANTI, C.. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2002.

COLLA, V.; BRANCA, T. A.; PIETRUCK, R.; WOLFELSCHNEIDER, S.; MORILLON, A.; ALGERMISSEN, D.; ROSENDAHL, S.; GRANBOM, H.; MARTINI, U.; SNAET, D... Future research and developments on reuse and recycling of steelmaking by-products. **Metals**, v.13, n.4, p.676, 2023

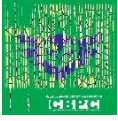
GHISMAN, V.; CEOROMILA, A. M.; OBREJA, C. D.; BURUIANA, D. L.. Studies on cooling water reuse from steel slag. **International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM**, v.21, n.5, p.225-231, 2021.

YONGJUAN, T.; ZHANG, Q.; GAO, C.. Life cycle water use and wastewater discharge of steel production based on material-energy-water flows: a case study in China. **Journal of Cleaner Production**, v.241, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118410>

ZACCARA, A.; PETRUCCIANI, A.; MATINO, I.; COLLA, V.; RESSEGOTTI, D.; BEONE, T.; MARCHIORI, F.; MOSCONI, M.; PRAOLINI, F.; HAKALA, V.. A flowsheet-based model approach to reduce water consumption and improve water networks management in the steel sector. **IFAC-Papers**, v.55, n.40, p.319-324, 2022.

direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561158130958266793985/>